

УДК 621.396:004.9

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Тупицина Т.В.

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: tupitzina@tatjana@yandex.ru*

В работе обсуждаются возможности использования систем автоматизированного проектирования при разработке систем мобильной связи. Разработан алгоритм оценки степеней затухания радиоволн в городских застройках для нескольких базовых станций. Точность того, как происходит позиционирование абонента с тем, чтобы достичь максимальной мощности, поступающей от базовой станции, определяется шагом дискретизации по углам. В созданном алгоритме не проводится учет естественных помех, которые появляются при распространении радиоволн, в том числе и для широкополосных сигналов. Приведена схема подсистемы оптимизации систем мобильной связи. Указаны входные параметры в модуле расчета уровня сигнала по беспроводным системам связи. Дана схема взаимодействия модулей при расчете уровня сигнала. Отмечается, каким образом может быть учтен вклад краевых волн.

**Ключевые слова:** мобильная связь, автоматизированное проектирование, алгоритм, сигнал

## THE FEATURES OF PROPAGATION OF RADIOWAVES IN WIRELESS NETWORKS

Tupitsina T.V.

*Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: tupitzina@tatjana@yandex.ru*

The paper discusses the possibility of using computer-aided design in the development of mobile communication systems. The algorithm of evaluating degrees of attenuation of radio waves in city buildings for multiple base stations is proposed. The accuracy of the positioning of the subscriber, in order to achieve maximum power received from the base station, is determined by the discretization step at the corners. The generated algorithm is not performed due to the natural interference that appear when the propagation of radio waves, including for broadband signals. The diagram of the subsystem of optimization of mobile communication systems is given. The input parameters in the calculation of the signal level in wireless communication systems are specified. A diagram of interaction of modules when calculating the level of the signal is shown. It is noted how can be taken into account the contribution of edge waves.

**Keywords:** mobile communications, computer-aided design, algorithm, signal

В используемых сейчас САПР [3, 4] для того, чтобы осуществлять оценки распространения радиоволн применяются различные модели, причем для них не во всех случаях учитывают разные промышленные и природные помехи.

Вследствие того, что параметры, применяемые для того, чтобы определять уровни помех, характеризуются сложными зависимостями, весьма актуально вносить точное количественное определение уровня помех и их множества.

Среди сформированных моделей помех, которые мы наблюдаем в каналах связи, можно указать проведение ослабления сигналов в передающих и приемных фидерах, импульсные помехи, узкополосные (селективные) помехи, перекрестные помехи, эффекты возникновения экосигналов.

С использованием таких моделей помех, мы можем осуществить описание основных компонентов по промышленным и природным факторам, которые оказывают влияние на особенности распространения радиоволн.

Если в указанных моделях делать учет лучей, которые соответствуют наибольшему появляющемуся уровню сигнала, то

можно достичь уменьшения числа итераций при проведении расчетных процессов.

Когда распространяются радиоволны в городских застройках, то необходимо проводить учет степени их затухания. С использованием математических подходов мы сформировали алгоритм оценки степеней затухания радиоволн в городских застройках. Для того, чтобы проводить расчеты уровней полей для определенных секторов углов рассматривались соотношения, основанные на лучевом подходе.

На основе комплексного алгоритма можно проводить учет нескольких базовых станций. В таких случаях эффекты интерференции радиоволн будет приводить к формированию весьма сложной картины распределения мощности идущих радиоволн.

Точность того, как происходит позиционирование абонента с тем, чтобы достичь максимальной мощности, поступающей от базовой станции, определяется шагом дискретизации по углам.

В созданном алгоритме не проводится учет естественных помех, которые появляются при распространении радиоволн (это относится и к широкополосным сигналам).

Основные этапы алгоритма следующие:

1. Задание исходных данных, связанных с возможным размещением базовых и мобильных станций.

2. Расчет характеристик распространения на основе лучевого метода и метода краевых волн.

3. Оптимизация расчетов, связанных с учетом лучей, вносящих большую часть мощности в передаваемый сигнал, и с установлением зон максимальных значений сигнала.

4. Выдача рекомендаций по расположению базовых станций.

В качестве входных параметров в модуле расчета уровня сигнала по беспроводным системам связи будут использоваться следующие параметры [5, 6]:

1. Параметры первой группы:

- координаты базовой станции;
- параметры используемого оборудования.

2. Параметры второй группы:

- координаты мобильной станции;
- ширина в основной улице;
- ширина в второстепенной улице;
- количество перекрестков, которые идут по главной и второстепенной улицам до мобильной станции;

- координаты перекрестков;
- число лучей, которые соединяют базовую станцию и мобильную станцию.

Для определения суммарного уровня сигнала, в соответствии с используемой моделью, полный набор лучей соединяющих базовую и мобильную станции делится на две группы:

- лучи, которые переотражаются вдоль главной и второстепенной улиц;

– лучи, которые переотражаются вдоль главной улицы, дифрагируют на углах зданий и переотражаются вдоль второстепенной улицы.

Для эффективной работы «Модуля расчета уровня сигнала», выделим функцию поиска количества отражений лучей и их длин в отдельный модуль – «Модуль оптимизации». Следовательно, расчет уровня сигнала будет выполняться в соответствующем модуле (рис. 2).

Указанный алгоритм будет универсальным, в нем автоматическим способом происходит учет по широкому диапазону разных входных параметров.

В качестве преимущества рассматриваемого способа мы можем указать то, что он предоставляет возможности для осуществления оценок (проводят «машинные эксперименты») характеристик в беспроводных системах связи без того, чтобы проводить реальные «натурные» эксперименты.

Вообще говоря, можно сделать уточнение алгоритма с использованием моделей распространения радиоволн – краевые волны [7, 9], ползущие волны, проведение диффузного отражения, отражения от земной поверхности. Также, можно сделать уточнение многократных переотражений по волнам внутри строений, но, видимо, их вклад в распространяющееся основное поле как минимум на 15 дБ меньше, чем для волн, которые имеют только одно отражение. Подобные дополнительные уточнения потом можно представить как дополнительные модули с соответствующими характеристиками затухания радиоволн.

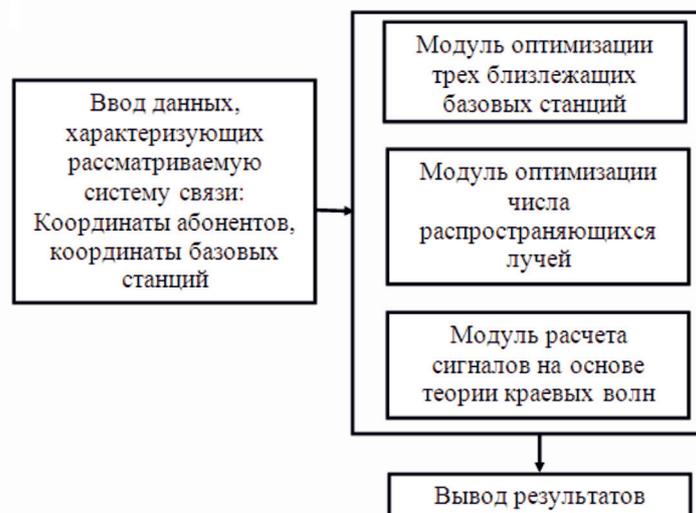


Рис. 1. Схема подсистемы оптимизации систем мобильной связи

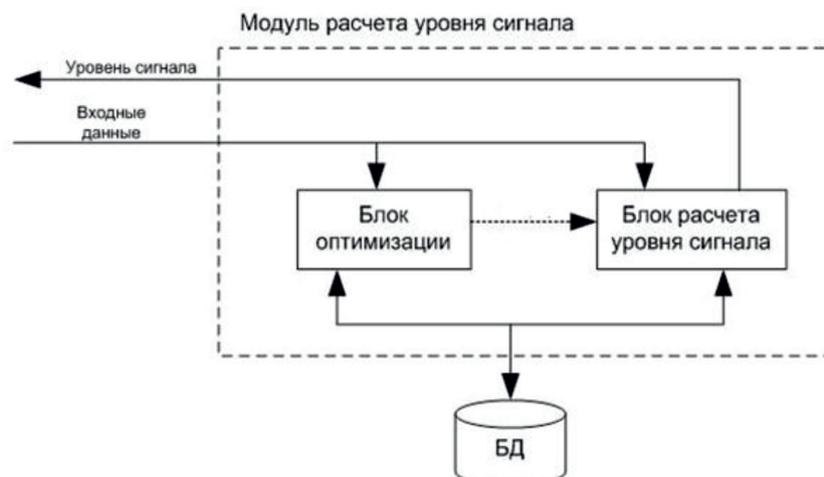


Рис. 2. Схема взаимодействия модулей при расчете уровня сигнала

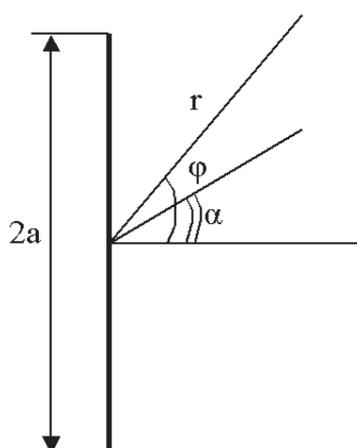


Рис. 3. Схема рассеяния электромагнитных волн на двумерной полоске

Поле, рассеянное двумерной полоской, рассчитывается с использованием следующих выражений [8, 9]

$$E_z = E_{0z} \cdot [f(1) \cdot \exp(ika(\sin \alpha - \sin \varphi)) + f(2) \cdot \exp(ika(\sin \alpha + \sin \varphi))] \times \frac{\exp(i(kr + \pi/4))}{\sqrt{2\pi kr}} \quad (1)$$

где

$$f(1) = \frac{\cos\left(\frac{\alpha + \varphi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\alpha - \varphi}{2}\right)}{\sin \alpha - \sin \varphi},$$

$$f(2) = -\frac{\cos\left(\frac{\alpha + \varphi}{2}\right) + \sin\left(\frac{\alpha - \varphi}{2}\right)}{\sin \alpha - \sin \varphi},$$

$\alpha$  – угол падения,  $\varphi$  – угол наблюдения,  $k = 2\pi/\lambda$  – постоянная распространения электромагнитной волны [1, 2, 8],  $r$  – расстояние до точки наблюдения,  $a$  – размер половины полоски (рис. 3).

### Список литературы

1. Алимбеков А.Р. Интеграция ГИС и САПР в беспроводных системах связи / А.Р. Алимбеков, Е.А. Авдеенко, В.В. Шевелев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1(16). С. 12.
2. Гащенко И.А. О моделировании в сотовых системах связи / И.А. Гащенко // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 222-223.
3. Львович И.Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.
4. Львович И.Я. Разработка принципов построения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 125-127.
5. Львович Я.Е. Алгоритм расчета количества лучей в методе трассировки лучей / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, А.П. Преображенский, С.О. Головинов // Информационные технологии. 2011. № 8. – С.40-42.
6. Львович Я.Е. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Я.Е. Львович, И.Я. Львович, А.П. Преображенский, С.О. Головинов // Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. №7. – С.47-52.
7. Преображенский А.П. Моделирование характеристик рассеяния объектов, в состав которых входят крошки / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2(13). С. 7.
8. Шутов Г.В. Характеристики методов трассировки лучей / Г.В. Шутов // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 238-239.
9. Stefanovic J. The technique of calculation the parameters of the electromagnetic the fields scattered by the body with complex form in the near zone / J. Stefanovic, E. Ruzitsky // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 2(17). С. 7.